

Kennis voor Klimaat - Hot Spot Regio Rotterdam



Terms of Reference 1: Impact of climate change on urban water systems (surface, ground, sewerage) and required adaptation strategies

ToR-titel in het Nederlands: Impact van klimaatverandering op het stedelijk watersysteem

Werkpakket 4 (WP4): Monitoringstechnieken ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem

Robert Trouwborst	Deltares
Marie-Claire ten Veldhuis	TU Delft
Rolf Hut	TU Delft
Eric van Nieuwkerk	Deltares
Remy Schilperoort	TU Delft
Pauline van Gaans	Deltares

4.1 Werkpakket titel

Inventarisatie van technologie en concepten om de invloed van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem van Rotterdam te kunnen analyseren en een klimaatbestendig waterbeheersysteem te ontwikkelen.

4.2 Inhoud

4.1 Titel	Pagina 1
4.2 Inhoud	Pagina 1
4.3 Inleiding	Pagina 1
4.4 Onderzoeksvraag	Pagina 2
4.5 Begrip	Pagina 2
4.6 Implementatie	Pagina 3
4.7 Aanpak	Pagina 4
4.8 Long list van concepten	Pagina 6
4.9 Workshop – uitkomsten survey	Pagina 17
4.10 Onderzoeksagenda	Pagina 18
4.11 Enkele aanbevelingen	Pagina 18
4.12 Literatuur	Pagina 19
Appendix 4.1	Pagina 21

4.3 Inleiding

De klimaatscenario's, zoals geformuleerd door het KNMI (KNMI 2001, 2006 en 2009) zijn leidend voor het onderzoek binnen deze definitiestudie. De uitwerking van deze geprognosticeerde klimaatverandering op het stedelijk watersysteem is echter moeilijk exact in te schatten. Vandaar dat binnen deze definitiestudie ruimte is gemaakt om speciale aandacht te geven aan

monitoringstechnieken en meetconcepten om de impact van klimaat te kunnen kwantificeren. In werkpakket drie zijn de 'knoppen' geïnventariseerd waarmee de klimaatadaptiviteit van het stedelijk watersysteem kan worden beïnvloed. Deze knoppen kunnen bestaan uit technische maatregelen, zoals meer groen in de stad, de inzet van groene daken, blauwe pleinen etc., maar ook uit beleidsmatige maatregelen zoals het verscherpen van regelgeving. Meettechnieken zijn daarom ook benodigd om te bepalen in hoeverre deze maatregelen effect hebben. De introductie van nieuwe meettechnieken en monitoringsconcepten kan leiden tot kwalitatief betere informatie, data die tot nu toe niet meetbaar was, een beter zicht op de effectiviteit van klimaatadaptieve maatregelen, de robuustheid van klimaatrends en kennis van processen, als ook een kostenbesparing kunnen opleveren, waardoor een klimaatadaptief stedelijk watersysteem dichterbij komt.

4.4 Onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag van werkpakket 4 luidt: Welke innovatieve meet-, monitorings- en data-analysetechnologieën en –kennis zijn nodig om de impact van de klimaatsveranderingen beter te begrijpen, de klimaatsverandering te monitoren en een klimaatbestendig waterbeheerssysteem te ontwikkelen?

4.5 Begrip

De ontwikkeling van een adaptief watersysteem wordt bemoeilijkt door een aantal onbekende factoren, waaronder het toekomstige klimaat. Naast de stedelijke ontwikkeling, de technologische vooruitgang en gekoppelde nieuwe eisen aan het watersysteem, betekent een veranderend klimaat een aanpassing van het watersysteem. Op dit moment worden ontwerpen gebaseerd op een aantal factoren, waaronder wettelijke eisen, functie, systeemvracht etc. Daarbij is ruimte voor een bepaalde dynamiek in het systeem in de vorm van een ingebouwde marge. Dit betekent dat het systeem al enigszins voorbereid is op nieuwe vragen als gevolg van stedelijke ontwikkelen, dan wel weer- en klimatologische variatie. Daarnaast zouden mitigatie-maatregelen, maar ook stadsvernieuwing en het periodieke onderhoud en vervanging van riolering al voldoende oplossingen kunnen bieden voor de verwachte additionele invloed van klimaatsverandering. Het huidige beleid bevat dus al enigszins bepaalde dynamiek en kan worden gezien als het minimale scenario voor klimaatadaptatie.

Waarom is een klimaatadaptief watersysteem van belang, we beheren het watersysteem toch actief? Een antwoord op deze vraag is dat we met meer kennis van de invloed van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem nog beter voorbereid zullen zijn. Binnen het huidige beleid, zonder specifieke klimaatadaptatie, is het mogelijk dat men voor klimaatgerelateerde onvoorziene problemen en kosten komt te staan die voorkomen hadden kunnen worden door in een vroeg stadium al gericht te investeren in een klimaatadaptief watersysteem.

Is het niet voldoende om een dynamisch stedelijk watersysteem te ontwikkelen in plaats van een klimaatadaptief watersysteem? Het is verstandig om een dynamisch stedelijk watersysteem te ontwikkelen. Een watersysteem dat kan inspelen op elke nieuwe vraag vanuit stedelijke groei en klimaatverandering. Het is echter de vraag hoe groot die dynamiek precies moet zijn en of de extra kosten van onbenutte dynamiek te rechtvaardigen zijn.

Is het mogelijk een klimaatadaptief systeem te ontwerpen zonder te weten wat er te verwachten is? Het antwoord daarop is ontkennend en daarom is het zinvol om een goed onderbouwde inschatting te maken van de eisen aan het stedelijk watersysteem in de toekomstige stad, waaronder hernieuwde eisen als gevolg van klimaatverandering.

Deze inschatting van eisen start in deze definitiestudie met de opgelegde klimaatscenario's zoals gepubliceerd door het KNMI in 2006. Deze scenario's zullen we dan ook als leidend hanteren. Vanuit die scenario's kunnen uitspraken worden gedaan over wat dit veranderende klimaat betekent voor de stad, cq. het stedelijke watersysteem. De KNMI klimaatscenario's, maar ook de vertaling er van naar de gevolgen voor het watersysteem zijn onderhevig aan een grote variatie. Dit betekent dat waarnemingen nodig zijn om een beter grip te kunnen krijgen op de processen en de impact van klimaat op het watersysteem. Nieuwe vragen zijn ondermeer: *Welke parameters moeten we monitoren? Waar moeten we meten? En voor hoe lang moeten we meten? Wat is de bijdrage van innovatieve meetmethoden? Voegen zij iets toe?* Het doel van deze studie is ondermeer het formuleren van onderzoeksvragen in de vorm van een onderzoeksagenda om antwoord te krijgen op deze vragen.

4.6 Implementatie

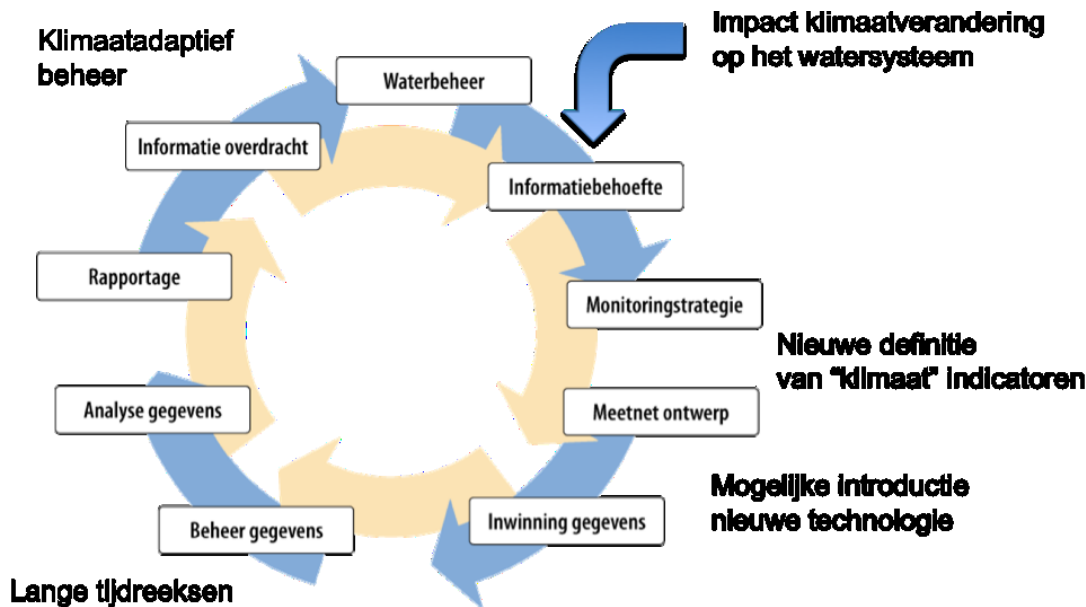
Uit een inventarisatie van de huidige meetinspanning blijkt dat deze niet opgezet is om de invloed van klimaatverandering te bepalen. De meetplannen richten zich vooral op het detecteren van variaties met een korte periodiciteit, waardoor het bepalen van de component klimaat wordt bemoeilijkt. Ook de ruimtelijke dekking van de metingen is doorgaans onvoldoende om voorspelde ruimtelijke variaties goed te kunnen kwantificeren. Zo wordt door de KNMI 2006 scenario's een grotere ruimtelijke neerslagvariatie verwacht. Deze veranderde ruimtelijke variatie is met de huidige meetinspanning niet op te merken. Een studie uitgevoerd als onderdeel van Rotterdam Climate-proof, Sensoronderzoek laat verder zien dat een grote diversiteit aan partijen betrokken zijn bij metingen aan het watersysteem, wat inzicht in gekoppelde processen kan bemoeilijken. Op dit moment wordt al gewerkt aan een verbeterde uitwisseling van meetgegevens door middel van een gekoppelde database en dashboard.

Een inventarisatie met de vraag: wordt er op dit moment in Rotterdam voldoende gemeten om de gevolgen van klimaatverandering te kwantificeren resulteert in het volgende beeld:

Tabel 4.1 Overzicht van de meetinspanningen in de regio Rotterdam die bruikbare informatie oplevert om de invloed van klimaatverandering te kunnen kwantificeren.

	Kwantitatieve gegevens	Kwalitatieve gegevens
Grondwater	++	+/-
Oppervlaktewater	-	-
Afvalwater	-	-
Neerslag	-	-

De conclusie is dan ook dat het analyseren van de impact van klimaatverandering op het watersysteem een nieuwe informatiebehoefte betekent. Deze nieuwe informatie is nodig om een klimaatadaptief watersysteem te ontwerpen en klimaatadaptief beheer mogelijk te maken. Figuur 4.1 geeft zicht op wat de gevolgen zijn voor de monitoringscyclus van het stedelijk waterbeheer.



Figuur 4.1 Monitoringscyclus in het stedelijk waterbeheer en de implementatie van nieuwe technologie zodat klimaatadaptief beheer kan worden ontwikkeld.

(Uit: "Stedelijk waterbeheer met voorbedachte rade" Van Nieuwkerk et.al. 2008, met aanpassingen)

De nieuwe informatiebehoefte betekent ook een nieuwe monitoringsstrategie. Een strategie die gebaseerd is op het kwantificeren van invloeden met een grote periodiciteit, meer in de orde van tientallen tot honderden jaren. Er moet dus gezocht worden naar indicatoren en meetmethoden die grip hebben op die termijn.

De introductie van nieuw ontwikkelde technieken heeft invloed op de wijze waarop gegevens worden ingewonnen en over lange tijd wordt beheerd. De verkregen klimaatgerelateerde informatie kan zo leiden tot een betere kennis van de invloed van klimaat waardoor de kwaliteit van klimaatadaptief waterbeheer kan toenemen.

4.7 Aanpak

Er is als eerste stap gekozen om in een divergerende fase zo veel mogelijk nieuwe meetconcepten te verzamelen. Deze ideeën werden gekozen vanuit de mogelijke bijdrage die deze meetconcepten kunnen leveren aan het kwantificeren van de klimaatinvloed op het watersysteem en de waarde van de informatie voor het ontwikkelen van een klimaatadaptief watersysteem. Bedacht dient te worden dat de concepten geënt dienen te zijn om over een lange periode te monitoren (minstens ± 30 jaar) om klimateffecten goed in beeld te kunnen brengen. Door middel van een inventariserende literatuurstudie en interviews met de experts binnen de universiteit en het kennisinstituut werden nieuwe ideeën geformuleerd en intern getoetst. De zo ontstane lijst van ideeën heeft de titel long-list meegekregen. Deze long list is daarna voorgelegd aan de deelnemers van de workshop door middel van een survey. Binnen deze survey werd de deelnemers gevraagd om 18 meetconcepten te waarderen op implementatie, acceptatie en toegevoegde waarde. Door te vermijden dat een specifieke voorkeur ontstond voor een bepaald onderdeel vanuit het specialisme van de deelnemer was de vragenlijst onderverdeeld in 5 categorieën; indicatoren, riolering, oppervlaktewater, grondwater en onderzoeksvisie. De resultaten van deze survey zijn gebruikt als leidraad voor de keuze van concepten die het

verdienen nader onderzocht te worden in een vervolgonderzoek. Daarnaast is een korte inventarisatie gemaakt van de huidige meetinspanning en de waarde die deze data zou kunnen hebben om de impact van klimaat op het stedelijk watersysteem te kunnen analyseren. Vanuit die studie volgen enkele aanbevelingen voor de stad Rotterdam op het gebied van data acquisitie ten behoeve van het kwantificeren van de impact van klimaatverandering op het watersysteem.

4.8 Long list van concepten

Deze lijst bevat is een opsomming van innovatieve monitoringstechnieken en meetconcepten die een mogelijke bijdrage kunnen leveren de impact van klimaat te analyseren. Allereerst volgt hier een overzicht van de achttien concepten, ingedeeld in vijf categorieën: indicatoren, riolering en neerslag, oppervlaktewater, grondwater en onderzoeksvisie.

Indicatoren

- Concept 1 Investerings aan het watersysteem als potentiële indicator van: 1. Kosten als gevolg van klimaatsverandering en b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem
- Concept 2 Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatperspectief
- Concept 3 Ongediertebestrijdingsinformatie – invasive species, pathogenen etc.

Riolering en neerslag

- Concept 4 Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie-systemen
- Concept 5 Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatie maatregelen
- Concept 6 De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport
- Concept 7 ‘Flitsdienst’ van burgers die mobile via sms melding maken van ‘water op straat’
- Concept 8 Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van ‘water op straat’, bvb tunnelcamera’s
- Concept 9 Meten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters

Oppervlaktewater

- Concept 10 Ruimtelijke spreading van het ‘heat island effect’ in kaart gebracht
- Concept 11 Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit

Grondwater

- Concept 12 Analyse van de gevolgen van klimaatsverandering op warmtewinning uit de watercyclus
- Concept 13 Grondwateroverlastbepaling: kies meetpuntlocaties zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (gedefinieerde klimaatobservatoria)
- Concept 14 Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden
- Concept 15 Bepaling van de gevolgen van klimaatsverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater

Onderzoeksvisie

- Concept 16 Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025
- Concept 17 Om de vijf jaar een wetenschappelijke conferentie “klimaatevaluatie en meetstrategie”; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst
- Concept 18 “Tijdlijn van internationale havensteden over de breedtegraad

Elke conceptbeschrijving bestaat uit een titel met een korte paragraaf die het concept beschrijft:

Concept 1 Investerings aan het watersysteem als potentiële indicator van: a. Kosten als gevolg van klimaatsverandering en b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem

Investerings aan het watersysteem zouden mogelijk kunnen worden gebruikt als indicator van klimaatsverandering. a. De extra druk op het watersysteem veroorzaakt door een veranderend klimaat zouden zichtbaar kunnen worden in de daaraan verbonden hogere kosten voor bijvoorbeeld onderhoud. Bestedingen aan onderhoud van het watersysteem geïnduceerd door klimaatsverandering. Daarnaast zouden investering in het watersysteem mogelijk een potentiële indicator kunnen vormen voor de mate van adaptiviteit van het watersysteem. Een verhoogde uitgave zou betekenen dat het systeem nog ver zit van adaptiviteit. Blijven de investeringen ondanks klimaatveranderingen in de pas zou dit kunnen betekenen dat het watersysteem voldoende dynamisch is om in te spelen op die veranderingen.

Concept 2 Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatperspectief

Het voorkomen van sommige planten en diersoorten heeft een directe koppeling met de aanwezige klimaatcondities. Een verandering in de klimatologische omstandigheden van de stad heeft dan ook een verandering tot gevolg in het voorkomen of gedrag van de aanwezige flora en fauna. Door veranderingen in het voorkomen en het gedrag van klimaatgevoelige soorten te volgen ontstaat zicht op de gevolgen van klimaatverandering in de stad.

Concept 3 Ongediertebestrijdingsinformatie – invasive species, pathogenen etc.

Het spuien van ballastwater zorgt wereldwijd voor het transport van exotische soorten naar nieuwe gebieden. Ook het wereldwijde containertransport en tourisme maken het mogelijk dat organismen vanuit verre oorden naar Nederland komen. Het is denkbaar dat ook pathogenen, parasieten en pathogendragers zo kunnen worden geïntroduceerd. Na introductie in het ecosysteem kunnen sommige soorten zich succesvol vestigen en zich een plaats verwerven in het ecosysteem. Deze soorten zijn soms succesvoller in hun competitie met de aanwezige soorten om voedsel en ruimte en kunnen zo een bedreiging vormen voor de aanwezige biodiversiteit.

Het vestigingsklimaat voor nieuwe soorten wordt mede bepaald door de heersende klimatologische omstandigheden. Organismen aangepast aan een warmer exotisch klimaat zouden dus betere kansen kunnen hebben voor vestiging als bijvoorbeeld het klimaat in Nederland warmer geworden is. Het overleven van nieuwe soorten (invasive species) kan zo een indicator zijn van een veranderend klimaat in de stad en de effecten daarvan voor het stedelijk watersysteem. Nieuwe klimaatcondities zorgen er ook voor dat soorten die eerder geen kans hadden te overleven dan wel kunnen overleven. Deze verandering van klimaatzone kan dan een uitbreiding of verschuiving van het leefareaal betekenen, waardoor ook soorten vanuit naburige landen zich in Nederland kunnen vestigen.

Concept 4 Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie-systemen

Een samenwerkingsverband van de Universiteit van Bradford en Yorkshire Water ontwikkelt een nieuw “sewerage sensor and telemetry system” (rioolsensor- en telemetriesysteem) om verstoppingen bij (riool)huisaansluitingen te kunnen monitoren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van zeer eenvoudige en goedkope sensoren (ca. €6,- per sensor) die worden geïnstalleerd aan de bovenzijde van een huisaansluiting (blijft bij normaal functioneren droog). Het gebruikte type sensor geeft een signaal af bij contact met water, duidend op een mogelijke verstopping benedenstrooms van de sensor. De intentie van dit onderzoek is om bij een grote hoeveelheid huisaansluitingen dergelijke sensoren te plaatsen zodat een ruimtelijk beeld van hoge dichtheid ontstaat van locaties met mogelijke wateroverlast ten gevolge van problemen in het rioolsysteem.

Een belangrijk aspect binnen het onderzoek is de datacommunicatie. Een gestelde randvoorwaarde is om alle data uit alle sensoren real-time en wireless te verzamelen. Hiertoe wordt gebruikt gemaakt van mesh network wireless technology. De kosten van datacommunicatie (1 lokale unit per sensor en 1 centrale unit of hub per ca. 30 sensoren) liggen momenteel rond de €50-€100 per sensor. Een doelstelling binnen het project is om deze kosten naar beneden te brengen omdat deze als een groot obstakel worden gezien voor een wijdverbreide implementatie van de techniek. Gelijkoortig onderzoek naar datacommunicatiesystemen voor fijnmazige sensornetwerken in stedelijk gebied wordt momenteel uitgevoerd door een samenwerkingsverband van Witteveen+Bos en Munisens.

Zowel de onderzochte meettechniek als het ontwikkelde datacommunicatiesysteem kunnen een rol spelen bij het meten van de effecten van klimaatverandering in stedelijk gebied. Een datacommunicatiesysteem uitgelegd voor een fijnmazig stedelijk (low-cost) sensornetwerk kan voor velerlei doeleinden worden ingezet. Voornoemde nat/droog sensoren geïnstalleerd op straatniveau kunnen een beeld geven van de omvang van wateroverlast in stedelijk gebied; additionele akoestische of druksensoren kunnen naast omvang ook informatie over waterdiepten (op het maaiveld) toevoegen. Andere mogelijke toevoegingen aan hetzelfde communicatienetwerk: stand-alone temperatuursensoren (om hitte-stress in beeld te brengen) en sensoren voor zoutgehalte/geleidbaarheid (ter bestudering van verzilting).

Concept 5 Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatie maatregelen

Neerslaggebeurtenissen kunnen van (grote) invloed zijn op de prestatie van rioolwaterzuiverings-installaties (rwzi's). Naast een hydrodynamische beperking (maximum debiet dat de rwzi aankan) kennen rwzi's een beperking van de hoeveelheid vuilvracht die per tijdseenheid kan worden verwerkt. Veelal ligt dat maximum op 2 à 3 maal de vracht bij normale droogweerafvoer (DWA). Door grote neerslaggebeurtenissen worden soms grote hoeveelheden opgeslagen materiaal uit een rioolstelsel naar de rwzi afgevoerd. Hierdoor kunnen piekvrachten ontstaan van 2 tot 10 maal de normale DWA-vracht. Dergelijke extreme condities kunnen (delen van) een rwzi ernstig ontregelen met als gevolg het disfunctioneren van (een deel van) de rwzi gedurende enkele uren tot enkele dagen. Hierdoor kunnen ernstige verontreinigingen van het ontvangend oppervlaktewater ontstaan.

Klimaatverandering kan op twee manieren de beschreven extreme condities vaker of heviger doen vóórkomen. Ten eerste zal bij een toename van de frequentie van grote neerslaggebeurtenissen de frequentie van grote piekvrachten naar de rwzi ongeveer evenredig toenemen. Ten tweede zullen door langere droge perioden vuilstoffen langer in rioolstelsels kunnen accumuleren waardoor tijdens de eerstvolgende regenbui meer vuilvracht naar de rwzi zal worden afgevoerd.

De omvang, duur en frequentie van piekvrachten in rwzi influent is voorheen veelal bepaald aan de hand van incidentele meetcampagnes waarbij steekmonsters en laboratoriumanalyse de belangrijkste ingrediënten vormden. Echter, met behulp van innovatieve meetmethoden wordt het mogelijk om langdurig en hoogfrequent te meten aan afvalwaterkwantiteit en -kwaliteit. De resultaten bieden de mogelijkheid om veel meer in detail inzicht te krijgen in de variaties in een rwzi aanvoerpatroon. Gewapend met deze kennis is het mogelijk maatregelen in het afvalwatersysteem te ontwerpen die de negatieve gevolgen van piekvrachten kunnen mitigeren (zoals de inzet van buffercapaciteit, aangepast frequentie van rioolreiniging, aanpassing zuiveringsproces etc.). Bovendien is het mogelijk met dergelijke meetmethoden de effecten van genomen maatregelen grondig te bestuderen.

Een voorbeeld van het gebruik van innovatieve meetmethoden is een meetcampagne uitgevoerd op de rwzi Eindhoven. Met behulp van spectrometers (UV/VIS sensoren) is hoogfrequent (1x per 2 minuten) en in real-time gedurende 1,5 jaar de kwaliteit van het influent bepaald. Bij deze meetmethode wordt absorptie van licht van vele verschillende golflengtes (200 - 750 nm) gerelateerd aan concentraties van vuilparameters. Op basis van deze 1,5 jaar data is een nulsituatie voor afvoer tijdens droogweer en tijdens regenweer geformuleerd. De meetresultaten en het daarmee verkregen inzicht in systeemgedrag vormen een goedonderbouwde basis om over optimalisatie van en maatregelen in het afvalwatersysteem in de regio Eindhoven te kunnen discussiëren. Veranderingen in het systeem door bijvoorbeeld klimaatverandering kunnen met behulp van deze metingen herkend en gekwantificeerd worden.

Concept 6 De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport

De waterleidingwet geeft aan dat de temperatuur van drinkwater in het distributiesysteem maximaal 25°C mag bedragen. Reden voor het stellen van een maximum is de relatie met verhoogde biologische activiteit bij hoge temperaturen (o.a. legionella) en temperatuurgerelateerde storingen aan de infrastructuur. Recent onderzoek van de N.V. Tilburgsche Waterleiding Maatschappij toont aan dat al in de huidige situatie in zomermaanden drinkwatertemperaturen van 25°C of hoger geen uitzondering vormen. Belangrijke invloedsfactoren hierbij zijn de temperatuur van de grondstof (rivierwater, grondwater) en de opwarming tijdens transport door interactie met het grondpakket waarin het distributiesysteem ligt. Hogere gemiddelde omgevingstemperaturen ten gevolge van klimaatverandering (eventueel versterkt door het heat-island effect) leiden waarschijnlijk tot hogere temperaturen van grondstof en grondpakket en dientengevolge tot een verdere verhoging van temperaturen in het drinkwater-distributiesysteem.

De temperatuur van het aangevoerde drinkwater bepaalt voor een deel de temperatuur van het afgevoerde afvalwater. Verhoging van de drinkwatertemperatuur betekent dus ook een verhoging van de afvalwatertemperatuur. Een verhoging van afvalwatertemperatuur stuit op twee bezwaren: (1) bij eventuele riooloverstorten neemt de thermische verontreiniging van het oppervlaktewater toe en (2) de biologische activiteit in het riool neemt toe waardoor de productie van ongewenste componenten kan toenemen. Een belangrijk voorbeeld van laatstgenoemde is waterstofsulfide dat stankoverlast en betonaantasting veroorzaakt en bovendien gevaarlijk is bij inademing. De productie en emissie van waterstofsulfide en de relatie met temperatuur is uitgebreid onderzocht door bijvoorbeeld een onderzoeksgroep aan de universiteit van Queensland in Australië.

Voor zowel de drinkwaterdistributie als het afvalwatertransport geldt dat kennis over het functioneren van de warmtehuishouding in deze systemen nog vrij beperkt is. Gerapporteerde temperatuurmetingen zijn vaak lokaal en incidenteel. Ontbrekende meetgegevens bemoeilijken de kalibratie en validatie van drinkwater- en rioolmodellen die zijn toegespitst op de warmtehuishouding. Echter, een dekkend meetnet gericht op het (op de lange termijn) meten van watertemperatuur in beide netwerken is essentieel voor het in beeld brengen van de effecten van klimaatverandering op de warmtehuishouding in beide systemen. Deze informatie is van cruciaal belang voor het verklaren van en het zoeken naar oplossingen voor eventuele temperatuurveranderingen en de gevolgen daarvan. DTS (Distributed Temperature Sensing) is een innovatieve meetmethode voor het monitoren van (water)temperatuur in leidingsystemen dat gebruik maakt van lange glasvezelkabels die over de lengte van de kabel (tot 25km) temperatuur kunnen meten. Deze methode biedt als grote voordeel dat op slechts één locatie data wordt gegenereerd en opgeslagen. Toepassing van deze techniek heeft zich bewezen in gemengde en gescheiden rioolstelsels.

Een innovatieve meetmethode voor het hoogfrequent, real-time en online bepalen van waterkwaliteitsparameters maakt gebruik van spectrometrie (UV/VIS sensor). Bij deze meetmethode wordt absorptie van licht van vele verschillende golflengtes (200 - 750 nm) gerelateerd aan concentraties van vuilparameters. In verschillende (laboratorium)toepassingen is dit type sensor succesvol toegepast om hoogfrequent concentratiewaarden H_2S -gas te meten. Gebruik van dit type sensor voor in-situ metingen (dus binnen in rioolssystemen) biedt nog enkele uitdagingen, vooral met betrekking tot schoonmaak en onderhoud.

Concept 7 'Flitsdienst' van burgers die mobile via sms melding maken van 'water op straat'

Een sms-dienst waarmee burgers melding kunnen maken van water op straat. Dit betreft de burger actief bij de uitdagingen van een toekomstig watersysteem waarbij acceptatie van overlast mogelijk een facet vormt. Een aandachtspunt is de wijze waarop participatie van de burger wordt gestimuleerd. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van een monetaire beloning (via maandelijkse loting) en een laagdrempelige instap. Kwaliteitscontrole en valse meldingen kunnen worden verminderd door de melding vergezeld te laten worden door een foto of filmpje gemaakt met de mobiele telefoon.

Concept 8 Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van 'water op straat', bvb tunnelcamera's

In moderne westerse steden zijn een zeer groot aantal bewakingscamera's aanwezig. Binnen dit concept 8, wordt deze grote capaciteit aan surveillance toegepast om "water op straat" te signaleren. Er zijn op dit moment toepassingen bekend van politieursurveillance waarbij automatische herkenning van beeld en geluid wordt gebruikt om overlastsituatie te herkennen. Met een slim stukje software zou automatisch "water op straat" kunnen worden herkend en gemeld. Grote netwerken zoals politieursurveillance systemen van uitgaansgebied, maar ook de cameranetwerken van NS of busmaatschappijen zijn eerste kandidaten.

Concept 9 Meten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters

Regenval is een van de belangrijkste klimaat gegevens die als input dient voor verscheidene doeleinden, o.a. klimaat modellen en overstromingswaarschuwing systemen. Regen wordt over

het algemeen niet in de stad gemeten: de onzekerheid zou te groot zijn. Door echter (zeer) vele metingen in de stad te doen, zou die onzekerheid verminderd kunnen worden. Het voorstel is om zeer goedkope disdrometers (akoestische regenmeters, ca. \$10 per stuk) over de stad te verspreiden. Logging kan gebeuren met het systeem dat in concept 4. genoemd wordt. Op deze manier kan voor relatief weinig geld een beeld verkregen worden van de ruimtelijke verdeling van regen over de stad. Mogelijk dat daarmee ook nieuwe fenomenen gesignaleerd kunnen worden.

Concept 10 Ruimtelijke spreiding van het 'heat island effect' in kaart gebracht

Klimaatverandering betekent voor Nederland mogelijk een verhoging van jaargemiddelde (lucht)temperaturen. Deze voor Nederland gemiddelde stijging zal mogelijk groter uitvallen voor stedelijke gebieden als gevolg van het stedelijk hitte-eiland effect (Urban Heat Island Effect, UHI). UHI is het fenomeen dat lucht- en oppervlaktetemperaturen in de stad structureel enkele graden hoger liggen dan in omliggende plattelandsgebieden. Belangrijke oorzaken van dit effect zijn afgenomen evapotranspiratie door verharding van het oppervlak, warmteopslag in stedelijk oppervlaktemateriaal gevolgd door nachtelijke uitstraling en de productie van warmte door stedelijke activiteiten (verwarming van gebouwen, verbrandingsmotoren, etc.). Zoals in vele studies wordt aangetoond, kunnen de negatieve gevolgen van een (toegenomen) UHI significant zijn. Genoemd worden effecten voor menselijke gezondheid, afgenomen comfort voor wonen en werken en toegenomen energieverbruik voor o.a. airconditioning.

Een veelvoud aan strategieën is ontwikkeld om het UHI te reduceren. Veelgenoemde maatregelen zijn isolatie van gebouwen, het uitbreiden van groene zones in stedelijk gebied, het toepassen van groene en koele daken, aangepast stadsontwerp voor betere luchtcirculatie en het gebruik van ander oppervlaktemateriaal. De toepasbaarheid en het succes van elke maatregel is veelal contextafhankelijk: een stadsontwerp aanpassen is alleen mogelijk bij grootschalige renovatie van een stad, voor extra groenzones is ruimte nodig en groene daken worden veelal op platte daken aangelegd.

Om het effect van klimaatverandering op stedelijke lucht- en oppervlaktetemperatuur te kunnen observeren is een netwerk van sensoren nodig dat temperatuur kan meten in drie dimensies: op verschillende locaties in het grondvlak van de stad alsook in verschillende lagen boven en onder het maaiveld. Ook voor het bepalen van het effect van genomen maatregelen ter bestrijding van UHI is een fijnmazig sensornetwerk voor temperatuur onontbeerlijk.

Een innovatieve meetmethode voor het meten van temperaturen in drie dimensies is DTS (Distributed Temperature Sensing). Deze techniek maakt gebruik van lange glasvezelkabels die over de lengte van de kabel (tot 25km) temperatuur kunnen meten. Deze methode biedt als grote voordeel dat op slechts één locatie data wordt gegenereerd en opgeslagen. Daarnaast kan een kabel in een willekeurige 3D-vorm worden toegepast waardoor een uiterst flexibel sensornetwerk ontstaat. Succesvolle toepassingen van DTS voor 3D temperatuurmonitoring zijn:

- (1) de detectie van lekken in betonnen stuwdammen. Door een DTS glasvezelkabel in een dicht 3D-netwerk in de constructie te verwerken, kunnen lekken (van lagere temperaturen) real-time worden opgespoord.
- (2) de detectie van brand in (grote) gebouwen. Door een DTS glasvezelkabel in een dicht 3D-netwerk in de plafondconstructies te verwerken, kan een brand vroegtijdig gedetecteerd worden.

Een dergelijk 3D sensornetwerk is niet eerder in stedelijk gebied toegepast. Gedacht kan worden aan het ingraven van een kabel langs een bepaalde doorsnede van de stad om (de variatie in) grondtemperaturen in beeld te brengen. Eenzelfde kabel gespannen langs boomkruinen geeft

een beeld van luchttemperaturen op enkele meters hoogte boven het maaiveld. Kabels zijn sterk genoeg om over enkele honderden meters lengte aan hun eigen gewicht opgehangen te worden; verticale profielen van stedelijke temperatuur kunnen dus verkregen worden door DTS-kabels op enkele plaatsen in de stad aan hoge overstekken op te hangen. Op specifieke locaties waar maatregelen ter bestrijding van UHI zijn genomen kan met één kabel in een geschikte 3D-configuratie het effect van genomen maatregelen in kaart worden gebracht.

Het urban heat island effect is een, ondertussen, algemeen geaccepteerd fenomeen dat bij "leven in de stad" hoort. Maar waar in de stad de hete en warme plekken nou echt zijn, is niet altijd duidelijk. En om maatregelen te treffen is het nodig om te weten waar het probleem zit. Daarom willen we met behulp van DTS de temperatuur in de straten van Rotterdam gaan meten. Distributed Temperature Sensing is een meet techniek die steeds meer toepassingen krijgt.

Concept 11 Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit

Op dit moment is de sturing van water door het stedelijk oppervlaktewatersysteem gebaseerd op het streven naar een bepaalde grondwaterstand, het voorkomen van te lage waterpeilen in grachten en sloten. Met geavanceerde automatische waterkwaliteitsstations is het mogelijk om watermassa's te karakteriseren en dus bewust een doel toe te kennen, of verblijftijd te beïnvloeden dan wel te transporteren of te mengen. Waarborging van de kwaliteit van de in-situ gemeten data is essentieel om alle gegevens te kunnen combineren en te komen tot interpretatie en sturing.

Voorbeeld: De data van een automatische In-situ meting van de fycocyanine concentratie, het specifieke pigment van cyano-bacteriën (blauwalg) kan worden gebruikt om bijvoorbeeld een kanaal als "met blauwalgvervuild" aan te merken. Dit water kan bewust niet worden toegelaten door een kunstwerk gesloten te houden waardoor vervuild water niet een recreatieplas kan bereiken. Dit geldt naast blauwalg ook voor andere parameters, zoals temperatuur (bvb Variabele weerstand), pH (bvb redox cel met kalomel referentie elektrode), geleidbaarheid (bvb weerstandssensor & magnetische weerstand elektrode), saliniteit (berekende waarde uit weerstandssensor), diepte (bvb druksensor, al dan niet absoluut), redox condities (bvb platina elektrode met kalomel referentie elektrode), zuurstofgehalte (bvb Clark membraan elektroden en Luminescentie detectie elektroden, bijv. LDO, ROX), troebelheid (bvb licht verstrooiing, sensorontwerp verschilt met detectiehoek), nitraatgehalte (bvb ion selectieve elektrode & transmissie/absorptie), ammoniumgehalte (bvb ion selectieve elektrode), fosfaatconcentratie (spectroscopie), chloride concentratie (bvb ion selectieve elektrode), productiviteit/Chl a (bvb pigment analyse, in-situ fluorometrie), cyano-bacteriën, blauwalgconcentratie (bvb pigment analyse, in-situ fluorometrie), fotoactief licht, PAR (licht beschikbaar voor fotosynthese, spectrum 400-700 nm), totaal opgeloste gassen (bvb TDS, druksensor achter Si-membraan).

Concept 12 Analyse van de gevolgen van klimaatsverandering op warmtewinning uit de watercyclus

Klimaatverandering betekent voor Nederland mogelijk een verhoging van jaargemiddelde (lucht)temperaturen. Een waarschijnlijke consequentie hiervan is een structurele verhoging van temperaturen van drinkwater, afvalwater en oppervlaktewater. Deze verhoging kan ongewenste effecten met zich mee brengen: de kwaliteit van drinkwater en oppervlaktewater kan worden bedreigd en afvalwater kan te maken krijgen met een toename in productie van schadelijke componenten. Een temperatuursverhoging kan ook positieve effecten sorteren: een

afvalwaterzuivering-installatie is veelal gebaat bij een (beperkte) verhoging van de afvalwatertemperatuur.

Een mogelijke strategie voor het tegengaan van verhoging van watertemperaturen is het structureel onttrekken van energie uit de waterstromen op verschillende punten binnen de watercyclus. Idealiter wordt de onttrokken energie nuttig ingezet, bijvoorbeeld ten behoeve van stadsverwarming, industriële processen, etc. Het op grote schaal toepassen van dergelijke warmtewinning uit de watercyclus zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de totale energievraag van een stedelijk gebied.

Het winnen van energie uit de watercyclus is door verschillende (universiteits)groepen onderzocht. In Zwitserland bijvoorbeeld, waar al ca. 30 installaties gebouwd zijn om warmte te onttrekken aan afvalwater, is onderzoek gedaan naar o.a. eisen aan potentiële locaties voor warmtewinning, de praktische implementatie van warmtewisselaars in rioolbuizen en de gevolgen van warmteonttrekking voor de temperatuur van het afvalwater. Voor laatstgenoemd aspect zijn modellen ontwikkeld die de temperatuur van afvalwater kunnen beschrijven en een inschatting kunnen maken van temperatuurveranderingen ten gevolge van een puntonttrekking van energie. De kalibratie en validatie van dergelijke modellen is tot op heden lastig gebleken als gevolg van een gebrek aan data. Naast de toepassing in riolering zijn er studies bekend naar de toepassing en gevolgen van warmtewinning op rwzi's, uit drinkwaterstelsels en uit oppervlaktewatersystemen.

Met het mogelijk opwarmen van stromen in de watercyclus wordt het op grote schaal onttrekken van energie uit de watercyclus een steeds interessantere optie. Voor een adequate en efficiënte toepassing van dergelijke systemen in Nederland zullen buitenlandse ervaringen moeten worden vertaald naar de Nederlandse context en zullen, waar nodig, enkele kennislücken moeten worden opgevuld.

Concept 13 Grondwateroverlastbepaling: kies meetpuntlocaties zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (gedefinieerde klimaatobservatoria)

De respons van grondwatersystemen op neerslag kan op verschillende tijdschalen plaatsvinden afhankelijk van de geohydrologie. Een toename van de grondwateraanvulling in bv. duingebieden kan zich pas na jaren uiten in grondwateroverlast in naastgelegen bebouwd gebied (bv. binnenduinrand). Anderzijds kan een paar dagen hevige neerslag al leiden tot natte kelders in gebieden met een matig tot slecht doorlatende ondiepe ondergrond (bv. Brabantse leem). Het is dan ook cruciaal om de geohydrologische randvoorwaarden goed te kennen alsmede de neerslag-grondwater relatie. Deze kan met tijdreeksanalyse van bestaande meetreeksen worden bepaald. Het betekent ook dat een goede neerslagregistratie cruciaal is. Naarmate de responstijd korter wordt, is meer detail gewenst in de ruimtelijke verdeling van neerslag.

Bij grondwateroverlast en -onderlast is van belang dat de grondwaterstand niet alleen door klimatologische factoren wordt bepaald, maar juist in stedelijk gebied ook (en vooral) door drainage, onttrekkingen, ondergrondse objecten en dergelijke. Dit maakt dat de meetpuntlocatie zorgvuldig gekozen moet worden op basis van terreinomstandigheden. Een peilbuis naast een peilbeheerste waterloop of drainage zal met name de invloed daarvan weerspiegelen en niet van het klimaat. Door een bepaalde groep huidige meetlocaties te definiëren als klimaatobservatorium, of specifiek meetlocaties in te richten om de impact van klimaat te analyseren kunnen langlopende meetseries worden opgebouwd. Vanuit die data kunnen

klimaattrends worden verkregen en de gevolgen van klimaatverandering op het watersysteem worden gekwantificeerd.

Concept 14 Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden

Het is belangrijk onderscheid te maken tussen funderingsschade door paalrot en door verschilzetting van klei- of veenlagen. In het eerste geval duurt het lang voordat een grondwaterstandsverlaging tot onder het bovenste funderingshout leidt tot schade (gemiddeld 10 tot 20 jaar, Van Etten 2000). Er is dus in principe genoeg tijd om schade te voorkomen zodra er droogstand van funderingshout optreedt. In het tweede geval kan enkele dagen tot weken uitzonderlijke droogte al leiden tot schade. In beide gevallen geldt dat zo dicht mogelijk bij de bebouwing / fundering moet worden gemonitord, omdat in bebouwd gebied de grondwaterstand op korte afstand sterk kan variëren als gevolg van drainages, lekke riolen, gedempte sloten, weg- of rioolcunetten, ondergrondse blokkades, enz.. Dit houdt in, dat een belangrijke rol voor de huiseigenaar / bewoner / burger is weggelegd, aangezien de monitoring veelal op particulier terrein moet plaatsvinden. In risicogebieden is het dan ook voorstelbaar dat per woning twee peilbuizen worden geplaatst, bij de voor- en bij de achtergevel, en dat deze wekelijks door de bewoner gepeild wordt. Bij houten paalfunderingen is het dan van belang om ook het hoogste aanlegniveau van de houten fundering te kennen, anders kan niet worden vastgesteld of er droogstand heerst. Bij verschilzettingen is het vaststellen van een kritisch grondwaterniveau veel lastiger, omdat daarvoor de historisch laagste grondwaterstand bekend moet zijn. Het bepalen van hydromorfe kenmerken kan hierbij enig soelaas bieden. Verder is de vraag in hoeverre burgers te porren zijn voor een investering in peilbuizen en bijbehorende meetinspanningen. De baten moeten inzichtelijk zijn. Bij houten paalfunderingen zijn dit de vermeden funderingsherstelkosten (gemiddeld EUR 60.000 op een termijn van 10 a 20 jaar). Momenteel loopt een meetpilot in Rotterdam-Hillegersberg waar bewoners van panden met houten funderingen in een risicogebied wekelijks de grondwaterstand bij hun voor- en achtergevels peilen. Voorts moet duidelijk zijn welke maatregelen mogelijk zijn bij geconstateerde droogstand en wie deze financiert. Tot slot is een relevante vraag wat moet worden verstaan onder een 'risicogebied', d.w.z. in welke gebieden burgers gestimuleerd zouden moeten / kunnen worden om zelf grondwater te gaan monitoren.

Concept 15 Bepaling van de gevolgen van klimaatsverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater

Anders dan in het kader van onderzoek naar bodem- en grondwaterverontreinigingen (Wbb) wordt er nog nauwelijks aan grondwaterkwaliteitsmonitoring gedaan. De bijdrage van grondwater aan oppervlaktewaterkwaliteit is een mogelijk meetdoel in het kader van behalen van chemische KRW-doelen in stadswateren. Steeds meer gemeenten noemen het vasthouden van gebiedseigen water als ambitie in hun waterplannen, bv. om de inlaat van gebiedsvreemd water te reduceren. Behalve regenwater kan gebiedseigen water ook (gedraineerd) grondwater zijn. Het meten aan grondwaterkwaliteit is dan echter pas zinvol als (1) aangetoond kan worden dat de bijdrage van grondwater aan de (kwantitatieve) oppervlaktewaterbalans voor het betreffende waterlichaam niet verwaarloosbaar is, en (2) vastgesteld kan worden wat het voedingsgebied is van het waterlichaam (bv. met een isohypsenkaart of grondwatermodel). Fosfaat is wellicht de belangrijkste te monitoren parameter, daarnaast arseen en zware metalen. Klimaatverandering kan potentieel de mobiliteit van verontreinigingen beïnvloeden. Vooral variaties in reductie en oxidatie omstandigheden kunnen fosfaat en zware metalen mobiliseren.

Concept 16 Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025

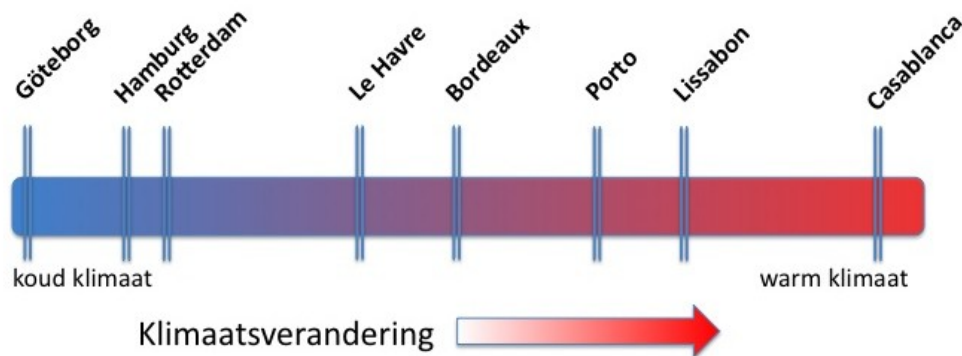
In 2006 publiceerde het KNMI vier klimaatscenario's. Deze klimaatscenario's geven consistente en plausibele beelden van een mogelijk klimaat en fungeren sindsdien als standaard voor impact- en adaptatiestudies. In 2009 verscheen een brochure waarin nagegaan wordt wat de onderzoeksresultaten van de afgelopen jaren betekent voor de gepubliceerde scenario's uit 2006. Deze publicaties vormen ook het uitgangspunt voor deze definitiestudie. Er moet nog wel een interpretatieslag gemaakt worden om te begrijpen wat de geformuleerde klimaatsverandering betekent voor het stedelijk watersysteem. Aan de hand van modelberekeningen en de huidige kennis kan men komen tot een verwachting van de gevolgen voor bijvoorbeeld de overlast van water op straat naar aanleiding van een veranderde neerslagintensiteit. Alhoewel zorgvuldige aannames worden gemaakt omvatten dergelijke berekeningen grote onzekerheden. Een tal van chaotische factoren, zoals het voorkomen van exotische diersoorten en gerelateerde problemen zijn niet tot zeer moeilijk te voorspellen. Vanuit dit beeld van onzekerheid in voorspellingen en een gekoppeld gebrek aan meetgegevens van het watersysteem waaruit de klimaatrend zichtbaar is komt het idee om eerst de komende 15 jaar specifieke metingen uit te voeren om de impact van klimaatverandering op het watersysteem in beeld te brengen. In 2025 vindt dan een evaluatie van deze data plaats waarna maatregelen kunnen worden geformuleerd. Dit concept zou grootscheepse klimaatgerelateerde investeringen op korte termijn voorkomen. Zeker als in 2025 blijkt dat klimaatverandering maar een zeer kleine component vormt van de toekomstige eisen aan het stedelijk watersysteem.

Concept 17 Om de vijf jaar een wetenschappelijke conferentie “klimaatevaluatie en meetstrategie”; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst

Om de vijf jaar zal er in Rotterdam een internationale klimaatconferentie worden georganiseerd waarbij alle op dat moment leidende wetenschappers worden uitgenodigd. Zij krijgen de opdracht om op basis van monitoringsgegevens de impact van klimaatsverandering op het stedelijk watersysteem te evalueren. Vanuit die evaluatie worden onzekerheden en hiaten in kennis geïdentificeerd en een nieuw meetplan opgesteld. Te samen met de stakeholders, bijv. stedelijk ontwerpers, beleidsmakers, ingenieurs etc. Zullen de wetenschappelijke inzichten worden vertaald naar ingrepen en beleidsaanpassingen voor de volgende jaren.

Concept 18 “Tijdlijn van internationale havensteden over de breedtegraad
Welke problemen kennen zij? Krijgen wij in de toekomst die problemen ook? Hoe gaan zij de klimaatproblematiek om en wat kunnen wij nog meer van elkaar leren?”

Tijdlijn van havensteden langs de “kanaalkust” en hoe deze steden omgaan met watersysteembeheer. Onderliggende filosofie is dat uitdagingen die steden in de toekomst gaan krijgen, vergelijkbaar zullen zijn met de huidige problematiek van steden lager op de breedtegraad en verder op de tijdlijn. Gedacht wordt aan de volgende steden: Hamburg, Rotterdam, Le Havre, Bordeaux, Porto, Lissabon, Casablanca (Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Concept temporale schaal van havensteden langs de Kanaalkust als schaal van toekomstige klimaatsproblemen

Zo ontstaat een klimaatgeïnduceerde ‘levensloop of levenscyclus van een stad’ waarbij klimaatverandering een verschuiving inhoud van positie op de schaal. De huidige verwachting is, dat dit een verschuiving naar rechts op de tijdlijn betekent. Het is echter ook denkbaar klimaatverandering een verschuiving naar een kouder klimaat betekent, ofwel een verschuiving op de schaal naar links.

Concept 19 WOZ waarde

Tijdens een praktische workshop werden de deelnemers gevraagd ook zelf indicatoren voor de impact van klimaat op het watersysteem te formuleren. Daarbij kwam naar voren dat de financiële draagkracht van de burger van belang is, omdat de burger zelf maatregelen kan nemen om problemen die ontstaan te verhelpen. Als voorbeeld kan de case Kralingen worden gezien waar bewoners zelf maatregelen nemen om de paalrot problematiek op te lossen. De verwachting is dat klimaatverandering een verlaging van het grondwaterniveau kan impliceren wat de paalrot problematiek kan intensiveren. Diverse financieel draagkrachtige burgers nemen op dit moment al maatregelen om deze problematiek te bestrijden, in zichzelf dus al een klimaat-adaptatieve maatregel. De waarde van een woning (WOZ waarde) geeft een indicatie van de mate van kapitaalcrachtigheid en dus ook de mogelijkheid van de eigenaren om in te spelen op bedreigingen als gevolg van klimaatverandering.

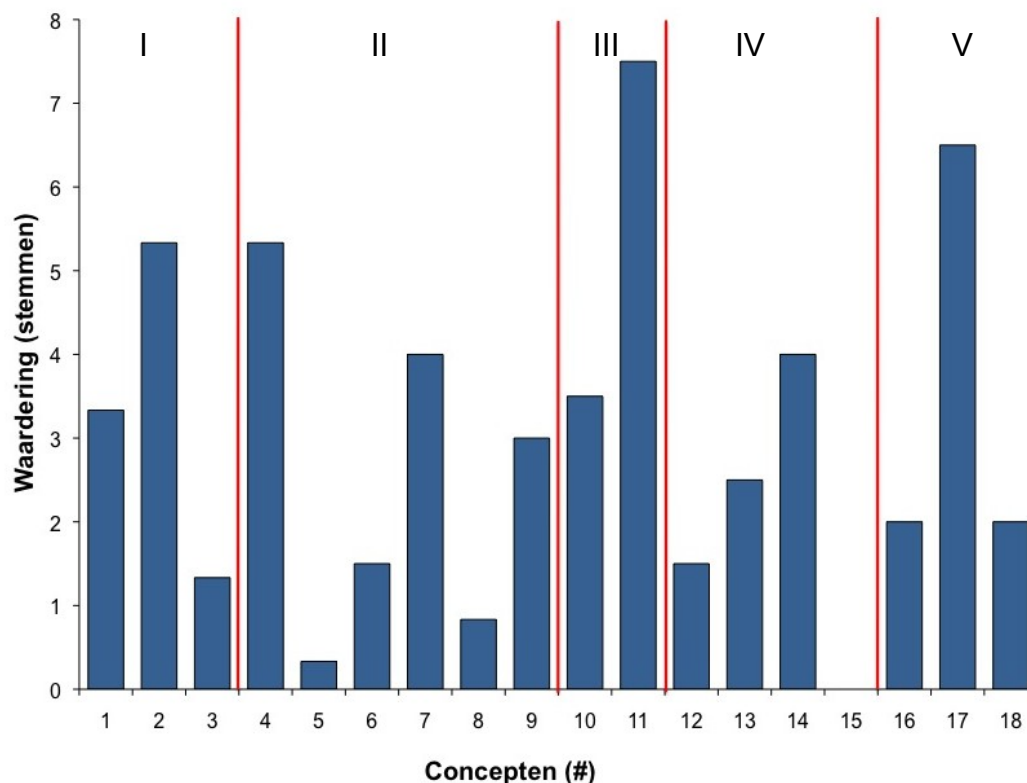
Concept 20 Sociale en economische parameters

Het Centraal Bureau voor de Statistiek bevat zeer veel gegevens die als indicator zouden kunnen fungeren voor een veranderend klimaat. Zo kan gedacht worden aan directe gevolgen voor de volksgezondheid van langere droogte perioden met een directe link naar het voorkomen van astma en longkanker. Daarnaast zijn er ook veel economische gegevens beschikbaar met een klimaatrelatie. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan de omzet van de Nederlandse watersport sector en een verhoging in het voorkomen van drijfvlagen geproduceerd door cyanobacteriën.

4.9 Workshop – uitkomsten survey

Op 5 november 2009 werd een praktische workshop georganiseerd om de resultaten van

deze definitiestudie uit te dragen en de deelnemers te laten nadenken over de eigenschappen van een klimaatadaptief watersysteem. Daarnaast werden de deelnemers uitgenodigd om achttien concepten, zoals beschreven in de long list, (concept 1-18) te waarderen op kosten, informatieopbrengst, haalbaarheid, acceptatie, implementatie etc. Dit gebeurde aan de hand van een stemmingsformulier, zie Appendix 4.1 De resultaten van deze survey zijn grafische weergegeven in Figuur 4.3.



Figuur 4.3 Waardering van monitoringsconcepten door de vijftien workshopdeelnemers; stemming genormaliseerd naar evenredige stemmingsaantallen per deelnemer. Categorieën achtereenvolgens: Indicatoren (I), riolering en neerslag (II), oppervlaktewater(III), grondwater (IV) en onderzoeksvisie (V).

Doordat enkele deelnemers minder dan de beoogde vijf stemmen ingevuld hebben en omdat sommige deelnemers meerdere stemmen in één categorie uitbrachten werd de stemmingswaarde per deelnemer genormaliseerd en telt elke stem even zwaar. Het aantal stemmende deelnemers was vrij klein, namelijk 15 deelnemers. Daardoor zal geen significantie worden afgeleid, maar zullen de resultaten naast expert opinion dienen als leidraad voor vervolgonderzoek. Voor de categorie Indicatoren kiest men voor concept 2; 'ecologische en biologische klimaatindicatoren'. In de categorie riolering en neerslag heeft men de voorkeur voor de concepten 4, 7 en 9, achtereenvolgens 'fijnmazige sensornetwerken', 'flitsdienst van burgers' en 'meten van neerslag in de stad'. In de categorie oppervlaktewater kiest men voor concept 11, 'actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als waterkwaliteit'. Het concept

nummer 14 'Burgerinitiatief gronwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden' scoort hoger in de categorie grondwater. In de laatste categorie 'onderzoeksvisie' wordt concept 17 het hoogst gewaardeerd, de wetenschappelijke conferentie "klimaatevaluatie en meetstrategie".

4.10 Onderzoeksagenda

Vanuit de synthesebespreking van de werkpakketten zullen enkele integrale adaptieve watersysteem concepten worden geformuleerd. Vanuit die integrale concepten zullen de monitoringsconcepten zoals genoemd in deze studie in meer of mindere mate worden gewaardeerd. Daarom zal op basis van de resultaten van die synthesebespreking een specifieke onderzoeksagenda voor werkpakket 4 'monitoringstechnieken ten behoeve van een klimaatadaptief stedelijk watersysteem' worden geformuleerd.

4.11 Enkele aanbevelingen

- | | |
|---------------|--|
| Aanbeveling 1 | Neem klimaatadaptatie, of het kwantificeren van de invloed van klimaat mee als meetdoel in het ontwerp van een gebiedsmeetplan. |
| Aanbeveling 2 | Analyseer de klimaatknelpunten - waar missen we meetgegevens?
Riolering en neerslag: overstort frequentie; wateroverlast: water op straat; oppervlaktewater kwaliteit: invasieve species, pathogenen. |
| Aanbeveling 3 | Onderzoek de waarde van geselecteerde innovatieve monitoringsconcepten om aan de hand van de KNMI '06 klimaatscenario's gericht en mogelijk voordeliger te meten. |
| Aanbeveling 4 | Er zijn initiatieven om alle meetgegevens van het stedelijk watersysteem van Rotterdam te ontsluiten in één datasysteem. Het advies is om een specifieke klimaatmodule op te nemen om de lange termijn impact van klimaat te kunnen onderscheiden. Bijvoorbeeld: Klimaatmodule in "Dashboard". |
| Aanbeveling 5 | De huidige meetinspanning voldoet niet om de invloed van een veranderend klimaat te kunnen kwantificeren, nog om de impact van een veranderend klimaat op het stedelijk watersysteem te analyseren. Daarom is een aanbeveling om fysieke klimaatobservatoria te definiëren en specifieke meetlocaties in te richten om de impact van een veranderend klimaat te meten. |
| Aanbeveling 6 | Voer op basis van lokale pilots gerichte monitoring uit om de impact van maatregelen en concepten te kunnen analyseren. Dit kan door middel van een specifieke meetinspanning, gecombineerd met huidige meetgegevens. |
| Aanbeveling 7 | Voer op pilot-basis analyses uit om onduidelijke achterliggende processen te analyseren. |
- Een voorbeeld van een onderzoeksopzet in de lijn van aanbeveling 6 en 7 is de inzet van een monitoringscampagne op een specifieke stadswijk waar diverse klimaatadaptatie maatregelen en concepten zijn geïmplementeerd.

Diverse door een veranderend klimaatgeïnduceerde chaotisch voorkomende fenomenen zullen moeilijk te voorspellen zijn. Het upscalen van de uit de pilots verkregen informatie naar stadsniveau zal met grote zorgvuldigheid moeten plaatsvinden.

4.12 Literatuur

Barker, A.P., R.J. Newton and S.H. Bottrell (1998) Processes affecting groundwater chemistry in a zone of saline intrusion into an urban sandstone aquifer. *Applied Geochemistry* 13(6): 735-749

Berger, A.R. (1997) assessing rapid environmental change using geoindicators. *Environmental Geology* 32: 36-44

Bertrand-Krajewski, J-L., S. Barraud and B. Chocat (2000) Need for improves methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review* 20: 323-331

Boland, J.J. (1997) Assessing urban water use and the role of water conservation measures under climate uncertainty. *Climatic Change* 37: 157-176

Huizer, K. (2008) Beleidskader ten behoeve van Adaptatie aan Klimaatverandering.

Hur, J., S-J Hwang and J-K Shin (2008) Using synchronous fluorescence techniques as a water monitoring tool for an urban river. *Water Air Soil Pollution* 191: 231-243

KNMI (2001) Climate scenario's for impact studies in the Netherlands. GP. Können. KNMI, De Bilt.

KNMI (2006) KNMI Climate Schanges Scenario's 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01. KNMI, De Bilt.

Kwadijk, J., S. Van Vuren, G. Verhoeven, G. Oude Essink, J. Snepvangers and E. Calle (2007) Gevolgen van grote zeespiegelstijging op de Nederlandse zoetwaterhuishouding – Verwachtingen, schattingen en berekningen voor het MNP project “ Nederland later” – Deltaresrapport Q4394

Lim, H.S. (2003) Variations in the water quality of a small urban tropical catchment: implications for load estimation and wter quality monitoring. *Hydrobiologia* 494: 57-63

Lundin, M. And G.M. Morrison (2002) A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban Water* 4: 145-152

Minnema, B., B. Kuijper en G.H.P. Oude Essink (2004) Bepaling van de toekomstige verzilting van het grondwater in Zuid-Holland. NITG 04-189-B, TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht

Niemczynowicz, J. (1999) Urban hydrology and water management – present and future challenges. *Urban Water* 1: 1-14

Nolde, E. (1999) Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. *Urban Water* 1: 275-284

Oude Essink, G., E. van Baaren and J. Buma (2008) Grondwateroverlast en lage grondwaterstanden door klimaatverandering in stedelijk gebied – Memo

Oude Essink, G. and E. Van Baaren (2009) Verzilting van het grondwatersysteem. Deltaresrapport 2009-U-R91001

Palme, U.P., M. Lundin, A. Tillman and S. Molander (2004) Sustainable development indicators for wastewater systems – researchers and indicator users in a co-operative case study. Resources, Conservation and Recycling 43: 293-311

Programmaboek - Kennis voor Klimaat (2006) Deel A Hotspots en Deel B Klimaat Kennis Faciliteit

Programmavoorstel - Kennis voor Klimaat (2006)

Semadeni-Davies, A., C. Hernebring, G. Svensson and L-G Gustafsson (2008) the impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. Journal of Hydrology 350: 100-113

Starkl, M., N. Brunner, W. Flögl and J. Wimmer (2009) Design of an institutional decision-making process: The case of urban water management. Journal of Environmental management 90: 1030-1042

UNESCO (2001) Marseille statement: The UNESCO symposium on frontiers in urban water management: deadlock or hope? Urban Water 3: 129-130

Van der Knaap, R., M. Bultsma, P. Otten, J. Nederlof and P. Bruijkers (2009) Sensor onderzoek – Wat wordt er door wie in de regio Rotterdam gemeten. Rotterdam Climate Proof, Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam *in preparation*

Van Ek, R., J. Heemstra, M. Hoogvliet, J. Icke, R. van der Krogt, J. Kwadijk, G. de Lange, E. Van Leeuwen, G.H.P. Oude Essink, A. van der Spek en R. Stuurman (2007) Inventarisatie van effecten van klimaatsverandering op fysiek systeem Hoogheemraadschap van Delfland. Deltares-rapportage 2007-U-R01023/A, uitgevoerd in opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, Utrecht

Van Nieuwkerk, E., J. Buma, F. van der Ven, J. Kollen and A. Makkinga (2008) Workshop stedelijk waterbeheer met voorbedachten rade.

Wong, C.S.C., X. Li and I. Thornton (2006) Urban environmental geochemistry of trace metals. Environmental Pollution 142: 1-16

WP4: Innovatieve meet en monitoringstechnieken

Kennis voor Klimaat - Hotspot Regio Rotterdam - Terms of Reference 1 - Tranche 1 - Werkpakket 4



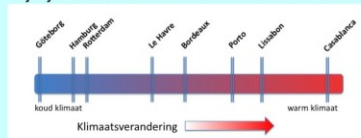
NAAM DEELNEMER: _____

SPELREGELS:

Wij willen elke deelnemer vragen om **achter maximaal vijf concepten**, die u als veelbelovend inschat, een kruis te zetten. Denkt u daarbij bijvoorbeeld aan: kosten, informatieopbrengst, haalbaarheid, acceptatie, implementatie etc. Op de achterkant van dit formulier is ruimte voor commentaar. Bij voorbaat dank voor uw input!

Lijst met ideeën:

- | | Indicatoren |
|------------------|---|
| Concept 1 (D+TU) | Investeringen aan het watersysteem als potentiële indicator van:
a. Kosten als gevolg van klimaatsverandering en
b. Mate van adaptatieniveau van het watersysteem. |
| Concept 2 (D) | Ecologische/biologische klimaatindicatoren: vogels, paddenstoelen; stadsecologie, ook in klimaatperspectief |
| Concept 3 (D) | Ongediertebestrijdinginformatie - invasive species, pathogenen etc. |
| | Riolering en neerslag |
| Concept 4 (TU) | Fijnmazige sensornetwerken en hun datacommunicatie systemen |
| Concept 5 (TU) | Reductie van effluentpieken door kwaliteitsmonitoring met gekoppelde mitigatie maatregelen |
| Concept 6 (TU) | De effecten van een toename in gemiddelde omgevingstemperatuur in stedelijk gebied op drinkwaterdistributie en afvalwatertransport |
| Concept 7 (D) | 'Flitsdienst' van burgers die mobiel via sms melding maken van "water op straat" |
| Concept 8 (D) | Gebruik van huidige en toekomstige beveiligingscamera-netwerken voor de detectie van 'water op straat', bvb tunnelcamera's |
| Concept 9 (TU) | Metten van neerslag in de stad met veel goedkope regenmeters |
| | Oppervlaktewater |
| Concept 10 (TU) | Ruimtelijke spreiding van het 'heat island effect' in kaart brengen. 3D monitoring van temperatuur in stedelijk gebied om de impact en interactie met het watersysteem te bepalen |
| Concept 11 (D) | Actief sturen van het stedelijk watersysteem op zowel waterpeil als kwaliteit |
| | Grondwater |
| Concept 12 (TU) | Analyse van de gevolgen van klimaatsverandering op warmtewinning uit de watercyclus |
| Concept 13 (D) | Grondwateroverlastbepaling: kies sommige meetpuntlocaties, zodat klimaatsinvloed meetbaar wordt (klimaatobservatoria) |
| Concept 14 (D) | Burgerinitiatief grondwateronderlast; actieve rol burgers in risicogebieden |
| Concept 15 (D) | Bepaling van de gevolgen van klimaatsverandering op het transport van verontreinigingen naar het oppervlaktewater |
| | Onderzoeksvisie |
| Concept 16 (D) | Eerst vijftien jaar goed de klimaatgevolgen meten, daarna gefundeerde klimaatkeuzes in 2025 |
| Concept 17 (D) | Om de 5 jaar een wetenschappelijke conferentie "klimaatbeoordeling en meetstrategie"; evalueren van de data van de afgelopen 5 jaar en ontwerp nieuw meetplan voor de toekomst |
| Concept 18 (D) | "Tijdslijn" van internationale havensteden over de breedtegraad |



Welke problemen kennen zij? Krijgen we die problemen ook? Hoe gaan zij met problemen om en wat kunnen wij nog meer van elkaar leren?

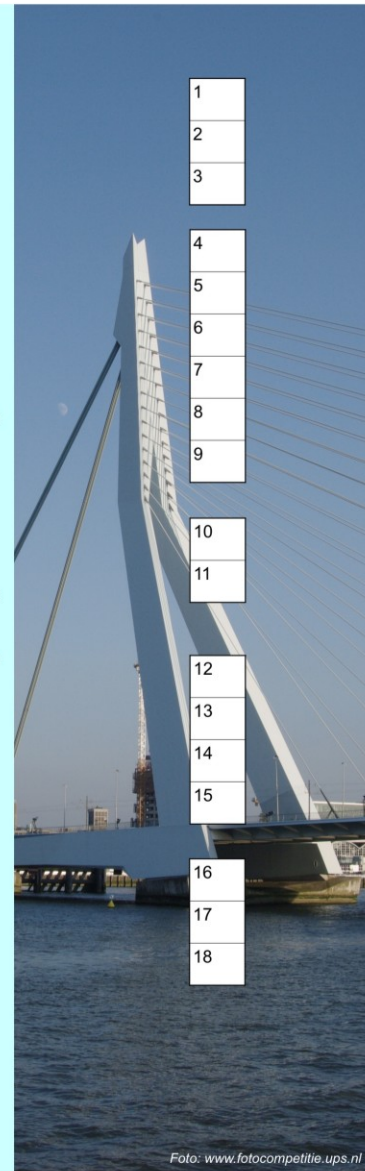


Foto: www.fotocompetitie.ups.nl